Московский экономический журнал. № 11. 2023
Moscow economic journal. № 11. 2023

Научная статья

Original article

УДК 630*43:574.4

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_11_568

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ВОПРОСОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

REGIONAL PECULIARITIES OF STUDYING THE SPREAD OF FOREST FIRES AND WAYS TO RESTORE FOREST ECOSYSTEMS

Учайкин Никита Иванович, ФГБОУ ВО «Научный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: nkrauford@gmail.com

Ларина Алена Викторовна, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и ландшафтного планирования ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: larina2705@yandex.ru

Москалева Светлана Александровна, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства и ландшафтного планирования ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: moskaleva-s-a@yandex.ru

Тарасова Оксана Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: oks-tarasova@yandex.ru

Суродеев Максим Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Научный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: m.surodeev2014@yandex.ru

Шеревкулов Александр Дмитриевич, ФГБОУ ВО «Научный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, e-mail: s.sherev13@yandex.ru

Uchaykin Nikita I., Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: nkrauford@gmail.com

Larina Alyona V., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Landscape Planning, Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: larina2705@yandex.ru

Moskaleva Svetlana A., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, head of the Department of Land Management and Landscape Planning, Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: moskaleva-s-a@yandex.ru

Tarasova Oksana Y., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Management, Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: oks-tarasova@yandex.ru

Surodeev Maxim S., Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: m.surodeev2014@yandex.ru

Sherevkulov Alexander D., student, Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: s.sherev13@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу регионального опыта изучения вопросов возникновения, распространения, влияния пожаров на лесные экосистемы. Показаны способы получения и анализа информации о пожарной активности в лесах с помощью систем дистанционного мониторинга, которые предоставляют возможность постоянного непрерывного наблюдения за пожарной активностью на больших

территориях, благодаря чему осуществляется своевременное реагирование на угрозы и, следовательно, эффективное управление ресурсами. В статье показано применение геоинформационных систем QGIS в изучении состояния лесного фонда, являющихся незаменимым инструментом для пространственного анализа, планирования и мониторинга состояния лесных ресурсов. Также в работе приводятся способы восстановления лесных экосистем, нарушенных в результате пожаров.

Abstract. The article is devoted to the analysis of regional experience in studying the issues of occurrence, spread, and impact of fires on forest ecosystems. The methods of obtaining and analyzing information about fire activity in forests using remote monitoring systems are shown, which provide the possibility of continuous continuous monitoring of fire activity in large areas, thanks to which timely response to threats and, consequently, effective resource management is carried out. The article shows the use of geoinformation systems in the study of the state of the forest fund, which are an indispensable tool for spatial analysis, planning and monitoring of the state of forest resources. The paper also provides ways to restore forest ecosystems disrupted by fires.

Ключевые слова: лесной фонд, лесные пожары, очаги возгорания, мониторинг лесных пожаров, пожарная активность, восстановление лесных экосистем, применение геоинформационных систем

Keywords: forest fund, forest fires, fires, monitoring of forest fires, fire activity, restoration of forest ecosystems, application of geoinformation systems

Лесные пожары играют важную роль в современном состоянии лесного покрова и являются неотъемлемой составляющей его эволюции. Исследования показывают, что пожары в лесных экосистемах способны привести к преобразованию ландшафта и являются одним из наиболее значимых факторов такого преобразования. Чаще всего на лесные экосистемы природные пожары оказывают негативное воздействие, приводя,

в первую очередь, к сокращению их площади, что в дальнейшем вызывает колебания климата и биосферы в целом. Как итог возможна смена гидрологического режима, потеря почвенного плодородия, снижение биологической продуктивности, видового и ландшафтного разнообразия, изменения условий обитания диких животных.

Лесные пожары могут быть верховыми, низовыми и подземными. Классификация их происходит в зависимости от возгорания и его характера, от частей леса, которые ими затронуты. Разновидностями верховых и низовых пожаров являются устойчивые и беглые пожары. С самым длительным периодом восстановления для лесной экосистемы считается низовой пожар, так как он распространяется по лесной подстилке, захватывает нижние части стволов и корни деревьев, при этом страдает весь нижний ярус растительности. При беглом низовом пожаре страдает напочвенный покров, уничтожается валежник, подрост и подлесок. «Благоприятные» погодные условия, в частности, сильный ветер, способствует перекидыванию возгорания на верхний ярус древостоя. При верховом лесном пожаре повреждаются кроны деревьев, поджигаются и сгорают ветви, листья, хвоя. Подземные пожары бывают торфяные и почвенные, чаще всего происходят на хорошо просушенных участках торфяных почв с наличием мощной подстилки [1].

В зависимости от площади, пройденной огнем и количества людей, участвующих в пожаротушении и его предотвращении, выделяют 6 классов или стадий пожаров (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Классификация пожарной опасности в зависимости от масштаба [3]

Класс	Название	Пройденная площадь, га	Кол-во людей, необходимых для локализации пожара, чел.
А	Загорание	Менее 0,2	1
Б	Малый пожар	0,2 – 2	2-4

В	Небольшой пожар	2,1 – 20	До 10
Г	Средний пожар	21 – 200	30-40
Д	Крупный пожар	201 – 2000	Около 100
Е	Катастрофический пожар	Более 2001	Около 400

При оценке возгораемости, горимости и степени пожароопасности лесов учитывают данные о возрастном и породном составе лесов, наличие безлесного пространства. Для более полной оценки пожарной опасности лесов удобнее всего использовать и учитывать такие параметры, как метеоусловия, горимость материалов леса, наличие и состояние средств пожаротушения, их местоположение относительно нахождения и развития пожара. Особое внимание уделяется участкам и территориям, которые могут способствовать возникновению и развитию пожаров, либо участкам с наличием аварийноопасных объектов. На территории Российской Федерации наиболее уязвимыми являются хвойные леса.

Согласно законодательству РФ, в пожароопасный период ведется регулярный мониторинг состояния лесных экосистем, наблюдение за погодными условиями, прогноз возникновения пожаров, и контроль за развитием ситуации. Наземное обследование территории выполняется по маршрутам, утвержденным в плане тушения лесных пожаров, осуществление которого производится в зависимости от класса пожарной опасности. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров осуществляет федеральный орган управления лесным хозяйством России, а в каждом субъекте – аналогичные органы на уровне регионов [8].

Что касается систем дистанционного мониторинга пожаров на природных территориях, следует отметить, что в нашей стране они основываются на общедоступных данных американских спутников, на которых установлены сенсоры MODIS и VIIRS. Данные инструменты позволяют получать мультиспектральные снимки, пригодные для выявления температурных аномалий – термоточек, соответствующих пожарам [2].

Однако спутники позволяют обнаруживать не все точки горения, их показатели зависят от состояния атмосферы и интенсивности пожара. Пожары должны быть достаточно большой площади (от одного гектара до нескольких десятков гектаров). Костры или пожары в начальной стадии горения спутники обнаружить не могут, как и некоторые торфяные пожары.

Термоточки, не связанные с пожарами и являющиеся постоянными, находящимися в одних и тех же местах, фиксируются и больше не учитываются. Термоточка отражает лишь центр километрового квадрата возможного пожара, и это необходимо учитывать при сопоставлении термоточек с картой местности или космоснимком, во избежание смещений. Карты и снимки отличаться по типу и за счет этого термоточки при нанесении на них могут как бы сдвигаться относительно своего действительного положения на расстояние до нескольких сотен метров [2].

Данные MODIS представляют собой ценный источник информации для анализа пожарной активности, обеспечивая детализированные снимки земной поверхности. Эти данные позволяют исследователям отслеживать и анализировать динамику пожаров, их причины и последствия. Также данные MODIS играют ключевую роль в геоэкологической оценке лесных территорий, позволяя исследователям оценивать уровень ущерба от пожаров и определять приоритетные области для восстановительных работ. Это помогает в разработке стратегий по предотвращению пожаров и смягчению их последствий [9].

В Республике Мордовия общая площадь лесов по состоянию на 1 января 2022 года по данным Министерства лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Республики Мордовия составила 680,8 тыс. га (26,9 % всех земель Республики Мордовия). В границах административных районов организовано 9 территориальных лесничеств (рисунок 1) [4].

На территории Мордовии произрастают хвойно-широколиственные и широколиственные леса, кустарниковая степь, луговая степь. Основными

лесообразующими породами являются сосна, ель обыкновенная, лиственница европейская, дуб, ясень обыкновенный, клен платановидный, вяз гладкий, бородавчатая и пушистая береза, ольха клейкая, липа мелколиственная, тополь черный, осина [7].

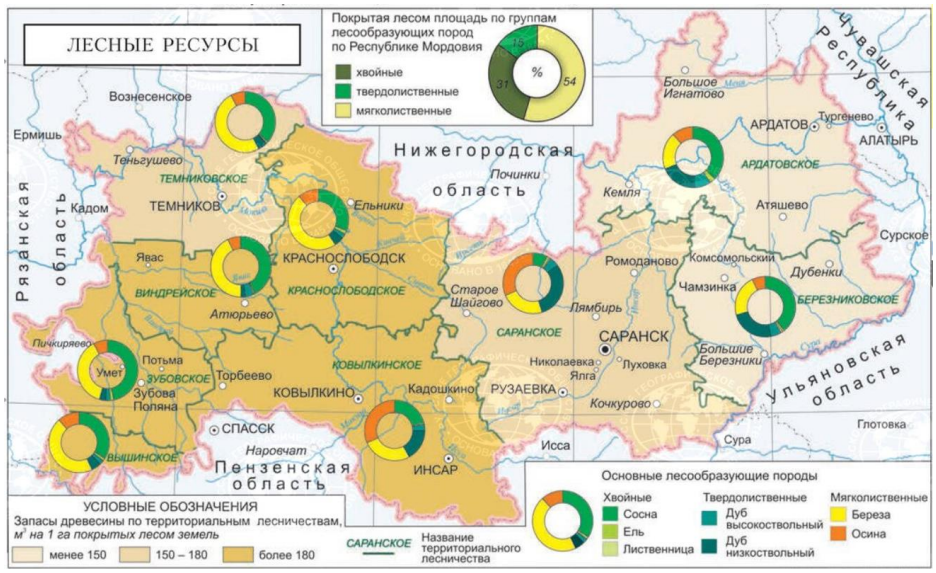

Рисунок 1 – Распространение лесных ресурсов по территории Мордовии [4]

Для выявления и анализа уязвимости лесных участков от пожаров использовалась геоинформационная система QGIS, которая благодаря своим функциональным возможностям предоставляет широкий спектр инструментов для анализа геоданных. Методика анализа базируется на данных, полученных из различных систем, включая MODIS за период 2001-2022 годы и включает в себя:

- спутниковые изображения высокого разрешения, предоставленные OpenStreetMap;

- спутниковые изображения высокого разрешения лесорастительной площади на 2000, 2010, 2022 годы;

- данные о пожарной активности на территории Республики Мордовия за указанный период;

- материалы о поврежденной лесной растительности за тот же период.

Основываясь на эти данные, были проведены следующие виды работ:

1) *Пространственная обработка данных.* Все геоданные были импортированы в QGIS, где они подверглись первичной обработке и подготовке для дальнейшего анализа.

2) *Определение ключевых факторов уязвимости.* На основе анализа данных MODIS были выявлены участки, где пожары происходили с периодичностью в несколько лет за исследуемый период.

3) *Критические пожары.* На основе анализа данных MODIS были выявлены участки критически сильно подверженные пожарам.

4) *Составление план-схемы уязвимости.* С использованием инструментов QGIS были созданы план-схемы, отображающие наиболее уязвимые к пожарам участки. Они были разделены по месяцам, начиная с апреля по октябрь, что позволило провести детальный анализ уязвимости в разные периоды года.

5) *Валидация результатов.* Полученные план-схемы были частично сопоставлены с историческими данными о пожарах для подтверждения их точности и актуальности.

Такой подход позволил не только выявить наиболее уязвимые к пожарам участки, но и провести их детальный анализ, учитывая сезонные особенности и историческую динамику пожаров.

По результатам анализа пожарной активности лесной растительности в республике за период с 2001 по 2022 годы были составлены серии картографических изображений, отражающих состояние лесопокрытых участков. На рисунке 2 показано состояние лесопокрытых участков в начале исследуемого периода, распределение очагов пожаров и повреждений, вызванных ими и текущее состояние лесопокрытых участков на 2022 год.

Так как пожароопасный сезон начинается с конца весны и идет до середины осени, то были проанализированы данные о количестве очагов пожаров за разные месяцы (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь и

октябрь). Для отображения интенсивности пожаров на территории республики служит тепловая карта. Цветовая гамма тепловой карты позволяет быстро определить области с наибольшей концентрацией пожаров, где оранжевый цвет указывает на наибольшую активность пожаров (рисунок 3).

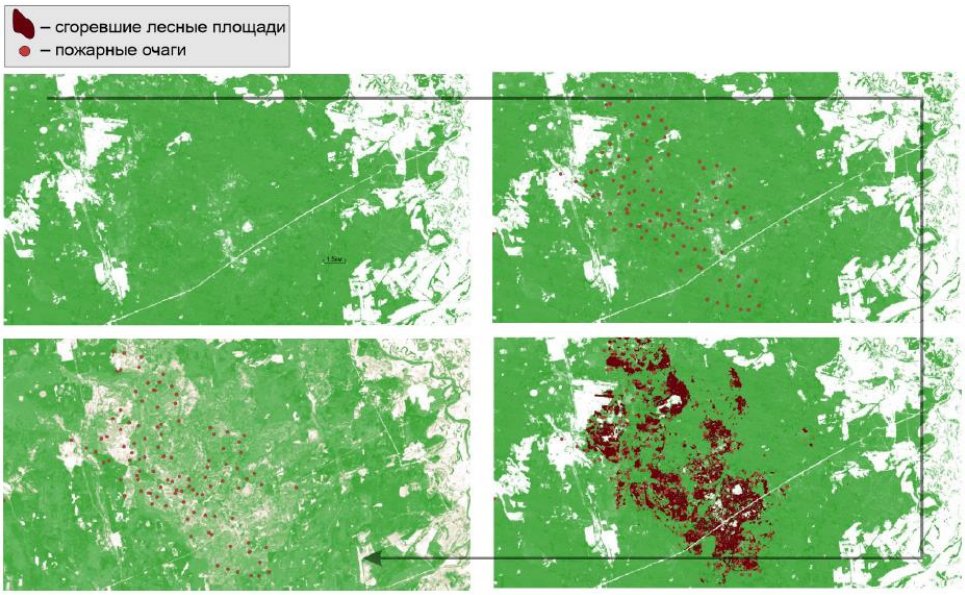

Рисунок 2 – Пример использования данных MODIS с подтверждением нарушения лесного покрова (составлено по данным [9])

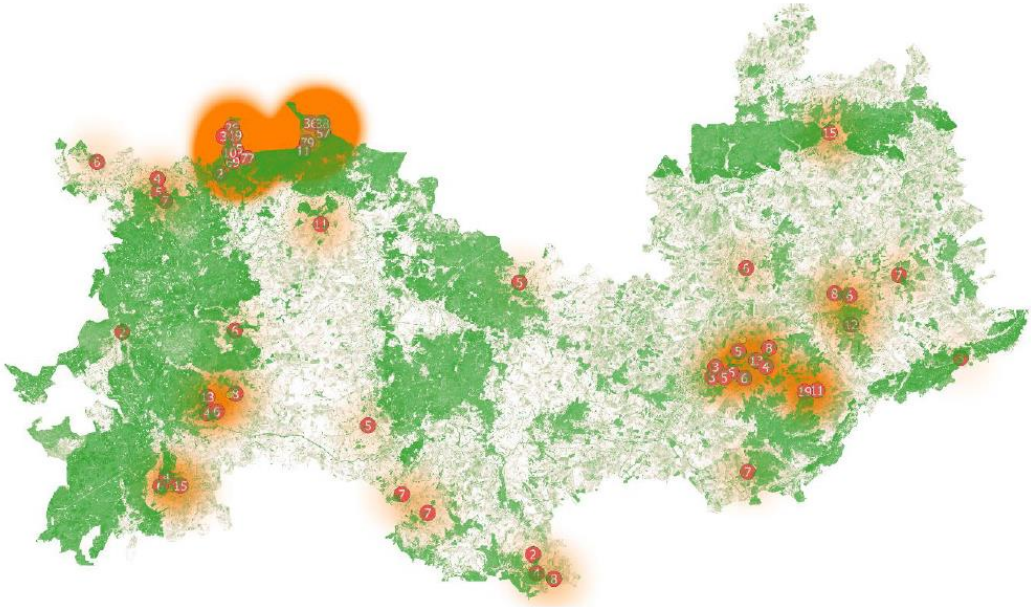

Рисунок 3 – Уязвимые участки лесного фонда Мордовии (составлено по данным [9])

Участки с активным проявлением лесных пожаров наблюдаются в смешанных лесах в пределах Темниковского территориального лесничества, менее интенсивные проявления характерны для Зубовского и Саранского территориальных лесничеств, отдельные очаги присущи остальным территориям лесничеств.

Предварительный анализ данных выявил регулярность в возникновении пожаров на определённых территориях в конкретные месяцы, на основании чего были идентифицированы участки по всей территории лесного фонда Республики Мордовия, наиболее уязвимые к пожарам (в разрезе по месяцам с апреля по октябрь) (рисунок 4).

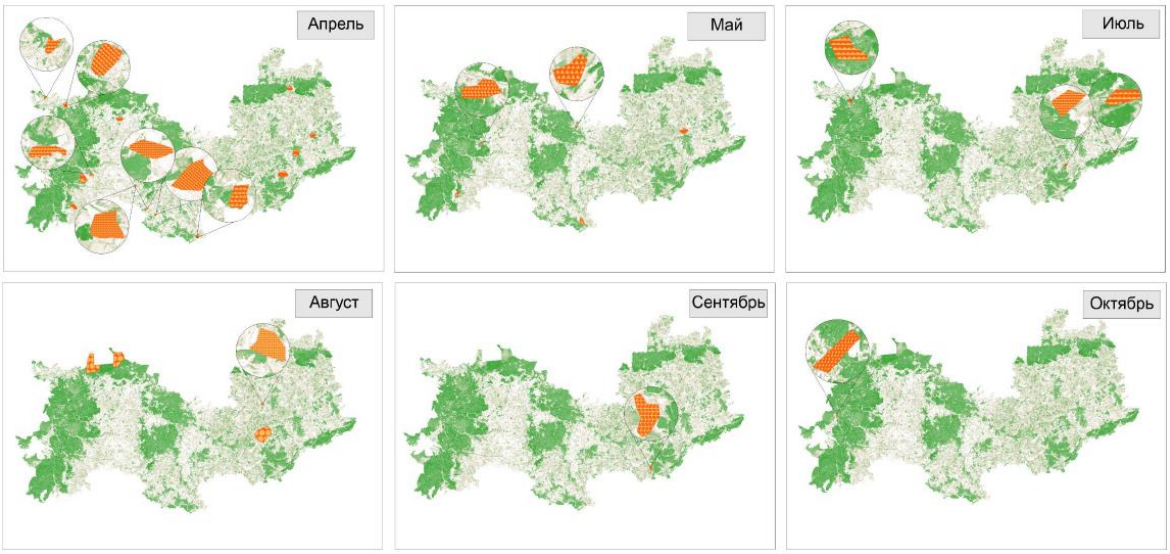

Рисунок 4 – Уязвимые участки лесного фонда Мордовии с закономерным повторением пожаров (в разрезе по месяцам пожароопасного сезона)

В результате пожаров, которые прошли по территории Мордовии с начала 2010 года по 2022 год, пострадало около 28 тысяч гектаров лесных насаждений. На сегодняшний день на некоторых участках отмечается отпад древесины, что приводит к гибели деревьев.

Динамика площади лесных пожаров в республике с 2011 по 2022 годы представлена на рисунке 5.

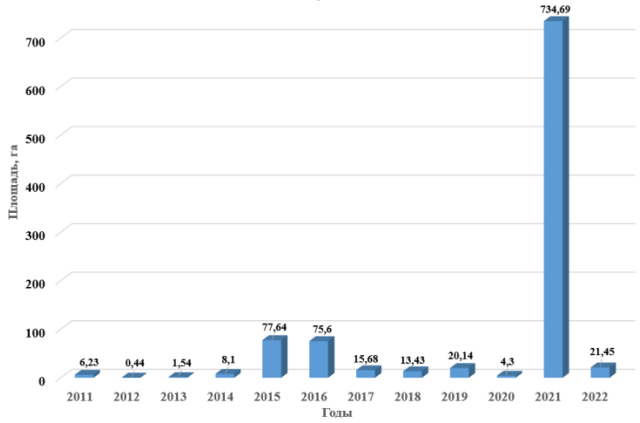

Рисунок 5 – Динамика площади лесных пожаров в Мордовии за период 2011-2022 г.г., га

Если после 2016 года мы наблюдаем резкое снижение площади, пройденной лесными пожарами, то ситуация меняется к 2021 году. Для летнего периода была характерна жаркая и сухая погода, что поспособствовало возникновению лесных пожаров с новой мощностью. Самыми напряженными месяцами выдались август и начало сентября, когда изначально возгорание было отмечено на территории Мордовского государственного природного заповедника в Темниковском районе, а затем уже перекинулось на территорию Краснослободского территориального лесничества.

Пожароопасный сезон в 2022 году на территории Республики Мордовия длился с 20 апреля по 31 октября. Всего с начала года в лесах республики произошло 18 лесных пожаров, в том числе 14 пожаров на территориях лесного фонда на площади 2,9 га. Общая площадь, пройденная огнем, составила 21,45 га, для сравнения в 2021 году было 22 лесных пожара, на площади 734,69 га.

Все пожары в 2022 году были ликвидированы сразу. Благодаря трехуровневой системе мониторинга, а именно наземное патрулирование, видео и космический мониторинг, практически все источники риска возникновения пожара были ликвидированы на стадии возгорания.

Анализ данных позволил также выделить наиболее поврежденные в результате пожаров лесные участки, которые расположены в западной части

территории республики в зоне распространения хвойно-широколиственных лесов водно-ледниковой равнины. Эти территории требуют особого внимания и проведения мероприятий по лесовосстановлению (рисунок 6).

К таким участкам относится и территория Мордовского заповедника. Лесные территории заповедника занимают 96,3 % всей его площади. В границах заповедника предусматривается естественное лесовосстановление. Главная проблема естественных восстановительных мероприятий заключается в медленном процессе восстановления на таких территориях.

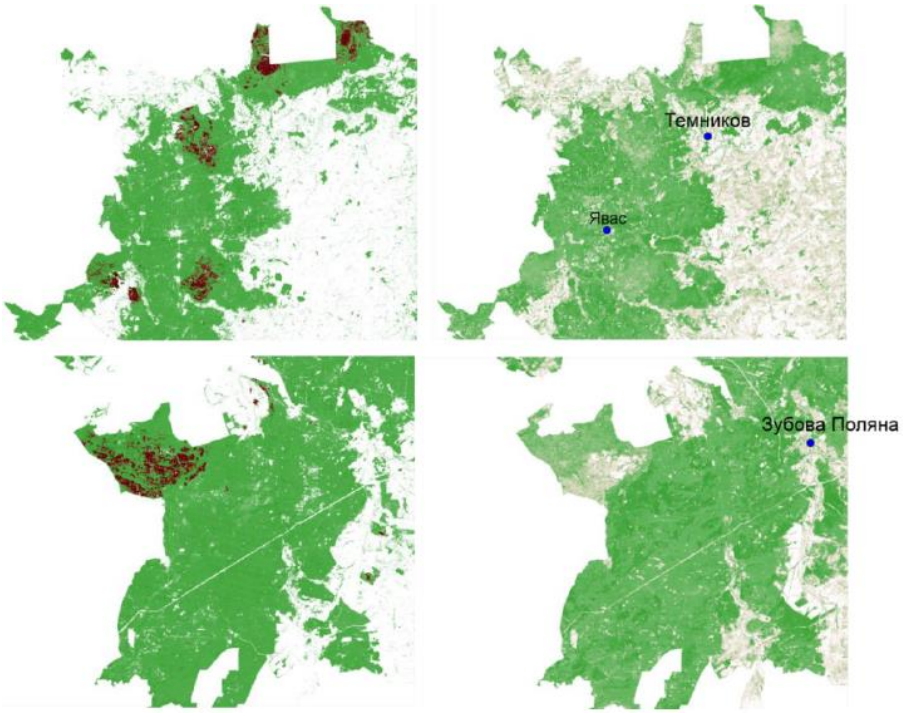

Рисунок 6 – Наиболее поврежденные в результате пожаров лесные участки Мордовии (составлен по данным [9])

Всего в 2011-2012 г.г., после пожара 2010 года было заложено 10 стационарных площадок, 7 из них обследуются ежегодно с последующим их картированием с учетом растительности и травяно-кустарничкового яруса. В последующие после 2010 годы в заповеднике были расчищены просеки, дороги, сформированы противопожарные канавы и минеральные полосы, не тронутым остался только валежник внутри лесных квадратов, который нельзя трогать, согласно законодательству по ООПТ.

Основными видами лесовосстановления лесного фонда Мордовии являются создание лесных культур, содействие естественному возобновлению лесов, комбинированное лесовосстановление. Доля каждого вида в 2022 году представлена на диаграмме (рисунок 7).

Темпы по восстановлению лесов в Мордовии растут ежегодно. Например, в 2021 году в рамках регионального проекта «Сохранение лесов» было восстановлено более чем 1700 гектаров лесной площади. Почти полностью позволит восстановить насаждения, пострадавшие во время крупных лесных пожаров, национальный проект «Экология» [5, 6, 7].

Рисунок 7 – Структура лесовосстановления на территории Мордовии в 2022 году

Таким образом, в рамках исследования был проведен анализ уязвимости лесных участков Республики Мордовия к пожарам с применением программного обеспечения QGIS. Этот инструмент позволил провести детализированный пространственный анализ, выявив основные участки, подверженные риску возникновения пожаров. Методология составления план-схемы уязвимых участков базировалась на совокупности данных о лесном фонде, исторических данных о пожарах и других факторах, влияющих на вероятность возникновения пожара. Это позволило отразить уязвимые лесные участки на картографическом материале.

В результате анализа также было установлено, что общая площадь поврежденных лесопокрытых участков в Республике Мордовия за указанный период значительна. Это подчеркивает необходимость принятия срочных мер

по их восстановлению. Выделение приоритетных областей для восстановления позволит сфокусировать усилия на наиболее критических участках.

Список источников

1. Геоэкологический анализ состояния природно-социально-производственных систем / А. А. Ямашкин, А. В. Кирюшин, А. К. Коваленко [и др.] – Саранск, 2004. – 260 с. – ISBN 5–7103–1103–0. Текст : непосредственный.

2. Дистанционный мониторинг пожаров и основы дешифрирования космоснимков : электронная база данных / Fireman : сетевое издание. – 2023. – URL: https://fireman.club/literature/distantsionnyiy-monitoring-pozharov-i-deshifrirovaniya-kosmosnimkov-2017/ (дата обращения: 30.10.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

3. Косарев В.П. Лесная метеорология с основами климатологии / В.П. Косарев – Спб. : СпбГЛТАкадемия, 2002. – 564 с. Текст : непосредственный.

4. Официальный портал органов государственной власти Республики Мордовия : сайт. – Мордовия, 2023. – URL: https://www.e-mordovia.ru/ (дата обращения: 30.10.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст : электронный.

5. Ларина А.В. Экологические аспекты лесопользования в ГКУ РМ «Ардатовское территориальное лесничество» / Е.Н. Гвардина, С.А. Москалева, А.В. Ларина. – В сб.: Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика. – 2018. – С. 197-202. – URL: http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/320172. – Текст : электронный.

6. Москалева С.А. Анализ нарушений использования земель лесного фонда ГКУ РМ «Виндрейское территориальное лесничество» в Республике Мордовия / Москалева С. А., Тарасова О. Ю., Васин С. Н. – В сб.: Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. – 2016. № 1. с. 7 – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27663780. – Текст : электронный.

7. Российская Федерация. Распоряжения. Об утверждении лесного плана Республики Мордовия на 2019–2028 годы: распоряжение Главы Республики Мордовия № 933-РГ : текст с изменениями и дополнениями от 29 декабря 2018 года. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [справ.-правов. система]. – URL: http://www.consultant.ru/. – Режим доступа: по подписке.

8. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации : ЛК : текст с изменениями от 01 марта 2020 года : [принят Государственной Думой 8 ноября 2006 года : одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 года]. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [справ.-правов. система]. – URL: http://www.consultant.ru/. – Режим доступа: по подписке.

9. Gilio L., Descloitres J., Justice C.O., Kaufman Y.J. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS // Remote Sensing of Environment. – 2003. – № 87. – С. 273–282.

References

1. Geocollegic analysis of the state of natural-territorial-production systems / A. A. Yamankin, A.V. Kirshin, A. K. Kovalenko [et al.] – Saransk, 2004. – 260 p. – ISBN 5-7103-1103-0. Text : direct.

2. Praises for firefighters and basic fire extinguishing equipment: "Electronic database" / Firefighter : online publication. - 2023. – URL: https://fireman.club/literature/distantsionnyiy-monitoring-pozharov-i-deshifrirovaniya-kosmosnimkov-2017 / (accessed: 10/30/2023). – Access mode: for authorization. users. – Text: electronic.

3. Kosarev V.P. Forest meteorology with the basics of climatology / V.P. Kosarev – St. Petersburg : Spbgltakademiya, 2002. – 564 p. Text : direct.

4. The official portal of the state authorities of the Republic of Mordovia: website. – Mordovia, 2023. – URL: https://www.e-mordovia.ru / (accessed: 10/30/2023). – Access mode: free. – Text : electronic.

5. Larina A.V. Ecological aspects of forest management in the State Institution of the Republic of Moldova "Ardatov Territorial forestry" / E.N. Guardina, S.A.

Moskaleva, A.V. Larina. – In the collection: Structure, dynamics and functioning of the natural-social-industrial complex. – 2018. – pp. 197-202. – URL: http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/320172 . – Text : electronic.

6. Moskaleva S.A. Analysis of violations of the use of lands of the forest fund of the State Institution of the Republic of Moldova "Windrey territorial forestry" in the Republic of Mordovia / Moskaleva S. A., Tarasova O. Yu., Vasin S. N. – In the collection: Scientific Review. International Scientific and Practical Journal. – 2016. No. 1. p. 7 – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27663780 . – Text : electronic.

7. The Russian Federation. Orders. On approval of the forest plan of the Republic of Mordovia for 2019-2028: Decree of the Head of the Republic of Mordovia No. 933-RG : text with amendments and additions dated December 29, 2018. – Text : electronic // ConsultantPlus : [help.- right. system]. – URL: http://www.consultant.ru /. – Access mode: by subscription.

8. The Russian Federation. Laws. The Forest Code of the Russian Federation : LC : text as amended on March 01, 2020 : [adopted by the State Duma on November 8, 2006 : approved by the Federation Council on November 24, 2006]. – Text : electronic // ConsultantPlus : [help.- right. system]. – URL: http://www.consultant.ru /. – Access mode: by subscription.

9. Gilio L., Descloitres J., Justice K.O., Kaufman Y.J. Advanced contextual fire detection algorithm for MODIS // Remote sensing of the environment. - 2003. – No. 87. – pp. 273-282.

Для цитирования: Учайкин Н.И., Ларина А.В., Москалева С.А., Тарасова О.Ю., Суродеев М.С., Шеревкулов А.Д. Региональные особенности изучения вопросов распространения лесных пожаров и способов восстановления лесных экосистем // Московский экономический журнал. 2023. № 11. URL: https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2023-35/

Московский экономический журнал. № 11. 2023
Moscow economic journal. № 11. 2023
© Учайкин Н.И., Ларина А.В., Москалева С.А., Тарасова О.Ю., Суродеев М.С., Шеревкулов А.Д., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 11.